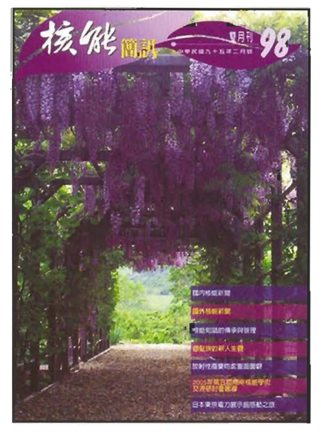


核能簡訊
雙月刊
98
中華民國九十五年二月號
國內核能新聞
國外核能新聞
核能知識的傳承與管理
銀髮族的新人生觀
放射性廢棄物處置面面觀
2005年第五屆兩岸核能學術交流研討會報導
日本東京電力展示館感動之旅

98 核能簡訊
核能簡訊雙月刊 CONTENTS FEB
民國九十五年二月二十日出刊



出版單位／中華民國核能學會
財團法人核能資訊中心
地　址／新竹市光復路二段一○一號
研發大樓208室
電　話／（03）5711808
傳　真／（03）5725461
網　址／http://www.ess.nthu.edu.tw/~nicenter
E-mail／nic@nicenter.twmail.net
發行人／朱鐵吉

編印者／信誠廣告事業有限公司
地　址／台北市興安街100號3樓之5
■ 行政院新聞局出版事業登記證．局版臺誌字第851號

編者的話

核能科技因為過去20年的不景氣，現在已經面臨相關人才與知識的流失，成為核能科技發展的隱憂。近幾年來，核能科技發展雖有逐漸回溫的趨勢，但是核能界的工作人力已經面臨老化且逐漸退休，卻沒有足夠的年輕且專業的人力可以接替他們，許多重要的經驗與技能可能因此而消失。

然而，日本資深的防護專家認為，經過各種人生的歷練與工作的磨練而擁有豐富的經驗、智慧與判斷力的退休老將，仍能繼續充實各種能力，融會貫通而付出貢獻，為社會提供心智上的教育以及技術經驗的傳承，如此就可減少專業知識與經驗的斷層問題。

原子能廣泛的使用於醫學、農業、工業及學術研究單位，提供我們許多生活所需；但不可避免的，放射性廢棄物也就隨之產生。而以今日科技的發展，妥善處理放射性廢棄物已非難事，世界先進各國也早有先例與經驗。困難的是，如何找到一個適合處置的地點，而且能讓當地居民瞭解其安全性，進而安心無慮的接受它。

開始於1996年的兩岸核能交流，迄今已經10年。由核能科技協進會的費心安排規劃，第5屆兩岸核能學術交流研討會於10月31日盛大展開。核能發展較台灣晚了10多年的海峽對岸，如今正蓬勃發展；反觀台灣卻蝸牛慢步，停滯不前。

再借鏡世界核能工業大國--日本。其全國總發電量約1/3都是由核能發電提供。日本政府如何讓民眾接受如此高比率的核能發電？從位於東京的電力展示館的細膩規劃與設計，讓我們得以窺見日本在民眾溝通所付出的努力與創意，以及成功的將電力教育向下紮根，使民眾有正確的用電觀念與相關知識。



國內新聞 News

根據台電向原子能委員會最新提出的低放射性廢棄物最終處置計畫執行報告，由於地方抗爭，阻擾地質鑽探作業，再加上選舉干擾，原訂在5年內呈報行政院核定最終處置場址的目標，確定將向後調整。

另外，由於無法化解可能場址地方民眾反對聲浪，原子能委員會主委歐陽敏盛在考量社會現實後表示，各核能電廠產生的低放射性廢棄物，不排除無限期就地貯放在廠內。

（2005.12.19.中國時報）

中華民國核能學會於94年12月22日舉行會員大會，會中頒發核工獎學金、原子能安全績優獎及朱寶熙紀念獎。得獎者分別為：清華大學工程與系統科學系劉紹凱同學、財團法人中華民國輻射防護協會及楊昭義先生。同時改選第27屆的理事、監事、候補理、監事。

會後由核能研究所陳浩然博士主講：「醫療診斷的新利器--國內核醫藥物研發現況及未來展望」，以及清華大學江祥輝教授主講：「能源研發的新展望一次世代核能系統與永續發展」。

（2005.12.22.本刊）



國外新聞 News

1. 美國國會增加核能研發預算

美國國會核准的2006年核能計畫預算較去年增加了15%。總計2.26億美元將提供核能研發用途，其中包括工業界與政府合作，改善申請執照程序約6,600萬美元，其他部分為：第Ⅳ代系統5,500萬美元（包括下一代核能電廠計畫的4,000萬美元）、核氫研究2,500萬美元、進步型燃料循環行動8,000萬美元。此外著眼於防蓄衍再處理及廢棄物的轉變，並且要求2007年開始進行預先工程設計。(NEI Overview 14/1/05)

2. 強大民意支持美國新核子反應器

一項對居住在距離核能電廠16公里內的1,100位民眾調查結果顯示，83%的受訪者支持核能，76%的受訪者樂見在其居住地建造新核子反應器，而高達88%的受訪者表示對核能電廠的安全有信心。此調查並不包括電力公司員工。總體而言，81%的受訪者表示對居住地電廠相關訊息相當瞭解。此項發現與預備在美國興建新核能電廠的數家公司及聯合企業特別相關。(NEI 12/10/05)

3. 美國進行廢棄物清除計畫

美國主要幾項清除60年來因為軍事活動而遺留在市區內的核能廢棄物計畫，前景充滿挑戰。在華盛頓州的漢福特（Hanford），正建造世界上最大的放射性廢棄物處理廠，以處理因生產軍用鈽而產生約2億公升的放射性以及

INFORMATION



化學廢棄物。這些高放射性與低放射性廢棄物大部分將玻璃固化於不銹鋼桶內以備處置，預計於2011年開始運作。位於南卡州的薩凡娜河，一項為期4年的除役計畫，將自F區域的再處理廠移除所有的污染物，1951-1992年期間自現場的5部反應器分離出美國1/3的軍用鈽。

在科羅拉多州的Rocky Flats剛完成一項歷時10年大型的清除計畫，使1952-1992年的核武器組合廠自環境災難區域回復到無限制的環境地位。原先預估費用為360億美元，實際上僅花費35億美元。墨西哥州的廢棄物隔離先導廠在實際營運的6年期間，接收數百件受到鈽污染的國防廢棄物，進行深層地質處置，從未發生過意外事件，是未來作為廢棄物或境內用過燃料運送至內華達州的雅卡山脈安全性的有用指標。(Radwaste Solution Sept-Oct 2005)

4. 英國出現正面的核能政策

英國政府非常清楚的指示，將改變政策以鼓勵建造新核能電廠。2003年政府委託辦理的一次回顧白皮書中，將一切目標放在風力上，為達成此目標，在2010年前每年須耗費10億英磅。其主要目的是要實現在2010年以前，以1990年為基準，將二氧化碳排放量降低20%的承諾。然而降低這些釋出物的主要方法－核能發電－徵收與使用石化燃料相同稅款，則無法有效降低二氧化碳的釋出量，主要工業協會支持提供無碳能源安全的新備載容量，並強調其急迫性。政策行動可能包括反應器技術的預先認證、沒有不明確延遲的計畫程序、對碳釋出物合理的經濟限制條件、並以明確的費用清除核能廢棄物。任何對英國新核能電廠投資將是私人的，且無法在未來的10年內加入營運。(Economist 19/11/05， Times 21 & 23/11/05)

5. 英國對核能議題的民意

一項MORI民意調查(N=1,931)顯示英國人對氣候變化以及電力來源表達實際興趣，廣泛地表達在煤炭、汽油及核能電廠的意見：天然氣有提高電價以及供應方面的顧慮，核能則會引起安全與廢棄物方面的關切，煤炭是溫室效應中最受關切的議題（但有24%的受訪者認為核能也會造成溫室效應），故煤炭與核能均被認為是「製造危險污染物」，風力則受到60%受訪者的認同，83%的受訪者認為英國應在能源方面自給自足，54%的受訪者認為新核能電廠是必要的（但也有30%的受訪者拒絕建造更多的核能電廠），70%的受訪者認為最重要的是降低二氧化碳的釋出量，僅有41%的受訪者瞭解核能電廠所產生的二氧化碳量極少。(MORI via EdF Energy 8/11/05)

6. 法國老舊電廠增加功率

法國電力公司宣布將於2008-2010年更換3座電廠5部900百萬瓦電核能機組的汽機轉子，以增加發電容量，每一部機組將增加約30百萬瓦電。(Nucleonics Week 27/10/05)

7. 瑞典政府肯定核能

在一次與電力相關議題的會議之後，瑞典政府肯定短期至中期，在瑞典及北歐地區「不可能…關閉核能電廠而不會嚴重破壞電力系統」，特別提到提供瑞典20%電力的Ringhals電廠，提升此電廠約290 百萬瓦電「至為重要」，且不違反環境法。儘管1980年官方發布核能的逐步淘汰政策，但核准Ringhals的1號機與3號機，以及2號機的換照申請，可做為其他電廠進一步提升功率，以及瑞典核能電廠

核准的典範。新執照將無時間的限制。

對於提早在5月關閉的Barseback核能電廠2號機，政府已同意補償56億瑞典克朗（相當於5.83億歐元），對因政治因素而在1999年關閉的1號機，則花費了瑞典納稅人57億瑞典克朗（5.93億歐元），另外還要加上對2號機獨立運轉的給付。(Nucleonics Week 27/10/05 & 17/11/05)

8. 歐盟國會議員呼籲加強核能意識

目前來自歐洲政治人物的強力民意陳述，由25個歐盟國會成員組成的跨黨派組織，簽署了對氣候變化減緩「至關重要」的核能，並呼籲對此釋出極低甚至零碳的發電技術增加投資，他們認為核能將是歐盟能量與環境政策計畫的重心，並且呼籲提出包含「一個有效的國際釋出貿易計畫」，及京都議定書後意識到國際性二氧化碳釋出物的補償之全球策略。

11月中旬在氣候變化相關議題的投票中，453對204票支持核能。
(Foratom 19/10/05. 17/11/05)

9. 德國保留逐步淘汰政策

德國兩個主要政黨間的協議，組成1個聯合政府，使先前「紅－綠」的核能逐步淘汰政策定位。此2政黨在前政府撤回該計畫後，同意核能安全性的最高優先權，以及取得廢棄物處置的進展。聯合政府排除綠黨的參與，意味對提供德國30%電力的核能發電發生重大變化。最重要的是，由於綠黨被替換，在之前政體下，對核能安全文化的不信任效應將被彌補。4個涉及核能產量的主要公共設施，將不會接受任何巨幅容量核能電廠的關閉，並重組其發電權利，因此2009年以前不會終止核能發電。同時報導他們將公平分配到Flamanville的新法國1600百萬瓦電反應器，將採行歐洲壓水反應器（EPR）型式的設計階段。(W.Breyer, Kerntext 26/9/05, Nucleonics Week 17/11/05)

10. 中國大陸秦山新計畫的主要合約

位於浙江省的秦山核能發電廠，已簽署在2006年開始興建2部當地反應器的工程與建造的主要合約－秦山第2階段的3號機與4號機，此為650百萬瓦電的CNP-600型機組。與中國核能工程暨建設集團，以及上海及浙江的兩家公司的3份合約，總計超過3億美元。整個工程預計耗費18億美元，其中70%為當地合約，主要是來自上海電力公司及哈爾濱電力設備公司。秦山是中國國家核能公司(CNNP)的子公司，預計在2020年以前將花費高達500億美元在全大陸建造30座新核能電廠。(China Daily 10/11/05)

11. 南韓決定廢棄物處置場場址

在省市競相舉辦南韓對中、低放射性廢棄物的中心貯存場的投票後，位於東海岸距首爾東南方270公里的慶州，已被指定為貯存場。與其他競爭者的68-83%比較，慶州獲得了90%居民壓倒性的贊成票。這個貯存場，包含淺層地表處置，總計可容納80萬桶，預計將於2009年以前開始營運。提供全國38%電力的20部核能反應器所產生的放射性廢棄物，由產業資源部(MOCIE)負責。

2003年MOCIE選定4個場址，經過詳細考量以及初步的回顧後，提供2.9億美元作為補償，並終止較早的決定（也包括用過燃料的過渡貯存），另以每年支付的形式支出85億，將韓國水力與核電公司(KHNP)的總部遷移至此。



選定慶州為場址後，結束了政府長達19年尋找貯存場的努力，而慶州居民也表達了對其居住地中選的喜悅。其他3個未被選上的地區，針對環保與反核積極分子鼓勵居民投票反對該計畫，提出了嚴厲的批評，他們認為這些積極分子已阻礙了該地區的經濟發展，因而要求這些人士離開該區域。(Korea Times 3/11/05, Chungang Daily 4/11/05, Nucleonics Week 10/11/05)

12. 日本進行廢棄物的研究

日本原子力研究開發機構(Japan Atomic Energy Agency, JAEA)在幌延地質研究中心建造大型空間，從西元2000年起在北海道調查沉積岩，以發展高放射性廢棄物的處置研究。JAEA另外也在岐阜縣瑞浪地質研究實驗室建造類似設施，調查火成岩。(Atoms in Japan 9 &14/11/05)

13. 印度積極推展核能

繼9月美國與印度在核能合作的領袖協議後，英國表示強力支持與印度的核能合作案，法國、加拿大亦跟進，而俄羅斯則早就對增加核能出口至印度表達了高度的興趣。美國商業部、英國以及加拿大雖然受限於核能供應國集團規定，但仍對輸出至印度的核能技術放鬆管制。法國政府表示將與印度尋求一項核能合作協議，加拿大則同意與印度「為發展原子能的和平用途，追求更進一步的機會」，加拿大提供了印度包含應用於武器的主要原始核能技術。(Week 15/9/05, Toronto Star 22 & 27/9/05)

14. 低劑量輻射仍待進一步研究

2005年有3篇關於低劑量輻射的重要研究報告，確認了低劑量輻射的危險度非常微小。

世界衛生組織國際腫瘤研究中心(IARC)研究調查15個國家自1944年以來40萬名以上核能工業工作人員的健康情形，是有史以來最大型的核能工作人員相關研究。其結論為「本研究結果顯示，即使接受低劑量或低劑量率輻射的核能工作人員，其癌症危險度有些微的增加」，尤其「本研究對象中1－2%的癌症死亡可歸因於輻射」。但是，對加拿大危險度評估較其他國家稍大的結果，並未提出說明。如果把加拿大的調查數據排除，則結果顯示並無超額危險度存在。整體的平均累積劑量為19.4毫西弗（mSv），其中90%接受的劑量小於50毫西弗，少於0.1%的工作人員接受了大於500毫西弗的劑量。5%以下的人在職業生涯中接受約100 毫西弗的劑量，大多數的劑量是多年前接受的。廣義的說，此研究結果支持了評估劑量危險度的線性無閾(LNT)模式。

美國國家研究院國家研究委員會出版了游離輻射生物效應（BEIR）委員會為期4年的研究報告－曝露於低劑量游離輻射的健康效應，BEIR VII。此份報告支持先前對低劑量輻射危險度很小的評估結果，更支持線性無閾模式應用於危險度評估上。

另一項澳洲盧卡斯高地對1957－1998年期間7,076名工作人員的研究顯示，其總死亡率較一般民眾低31%，因癌症而死亡的比率較一般民眾低19%。此長期的研究結果，顯然不只是「健康工作人員效應」所造成的。
(British Medical Journal 29/6/05, Nucleonics Week 7/7/05, ARPS newsletter July 2005.)



核能知識的傳承與管理

洪國鈞譯

簡介

國際原子能總署於2003年第47次常會中指出核能知識傳承的重要性與迫切性，而根據最近的能源趨勢指出，核能技術的傳承需要更好的管理構面。目前核能科技因為過去20年的不景氣，已經面臨相關人才與知識的流失，並成為目前核能科技發展的隱憂。

以美國為例，每年申請核子工程科系大學部的人數比起過去已逐年增加，在1992年時，有1500人申請核子工程科系；然而在1999年時，僅450人申請；到了2002年時，申請人數則回升至1000人。此外，南卡羅來納州立大學(South Carolina State University)與南卡羅來納大學（University of South Carolina）也公告了新增的研究所與大學部核子工程學程，這是美國20年來首次新增的核子工程學程。

在2002年6月，國際原子能總署針對核能知識的管理，召集來自學術界、工業界與政府單位的資深專家，會中達成一致的決議，要求由國際原子能總署主導核能知識的傳承與強化，並透過政府、工業界、學術界與國際組織的相關活動，以支持與傳承相關的核能知識。這個問題的急迫性與重要性在國際原子能總署的第46次常會中被提出，常會中建議由國際原子能總署結合可用的資源，以增加各界對於核能知識管理的重視。同時，總署也給予各會員國在核能知識教育與訓練的協助，並鼓勵各會員國運用網路資源保存相關的知識。會中也要求總署應針對相關數據與知識的老化問題，確認問題點並尋求解決方式。

知識管理

核能科技的應用仰賴於相關知識的高度累積，這些技術資訊包含了來自科學研究、工程分析、設計文件、運轉數據、維護紀錄、法規審查以及其他的文件與數據，而這些知識亦需要相關人員使之具體化，好比：科學家、工程師與技術人員。因此，核能知識的有效管理主要分為兩大部分，即確保相關資訊，以及夠資格的人力資源持續可用。**核能知識的管理將攸關到核子的安全與保防、鼓勵相關領域的創新發展，以及確保核能科技在人類的健康、糧食與農業、水資源管理、工業應用與電力事業上的利益與未來發展。**

近幾年來，一些趨勢指出核能知識需要更佳的管理構面，這是因為核能界的工作人力正面臨老化並逐漸退休，然而，卻沒有足夠年輕且具有相當資格的人力可以替換他們。雖然有少數的年輕人在大學中選讀核子科學、核子工程或相關的領域，但是越來越多的大學取消或停辦核能教育的相關學程。如果核能知識從上一代傳承到下一代被迫受限於老化的工作人力與越來越少的大學學程，這將導致僅能維持容易理解、清楚與廣泛技術資訊與文件。

工作人力老化　近期的趨勢與計畫

「繼承計畫」的目的將確保當目前的核子



科學家、工程師與技術人員退休之後，新世代的年輕人能夠受到適當的教育訓練並培養足夠的職業熱忱，以取代他們的位置並確保核能在安全、保防與經濟面上能夠執行無虞。此外，在已經運轉的核能設施中，應該要確實達到安全運轉的目標並切實受到管制單位的監督，包含了核子物料的保防、研究與發展、廢棄物管理與運輸，以及核能設施的除役－這將是未來20年即將面臨的重要挑戰。

圖1所示為美國核能高等教育在過去20年的趨勢，圖中所示為美國大學核子反應器的數目與申請核子工程科系人數的變化，在1993到2000年間，核子工程科系大學部的申請人數急速滑落，但在2001年與2002年逐漸上升，而未來預期選修核子工程科系大學部的學生會逐年上升。

由以上的資料可知，核子工程方面的大學部學生嚴重不足，根據核能協會（Nuclear Energy Institute）的預測，未來10年內美國的核能界將需要90,000名的核能專業從業人員。圖2所示為美國近期內核子工程畢業生的人數與美國核能界的需求人數。圖3所示則為美國核能界各領域針對新進核能專業人力的需求趨勢。

雖然有些國家改變了核能相關的政策，然而這不代表完全不需要核能專業人力，在現有核能電廠的運轉、核能電廠的除役、核能管制機關的監督、低放射性廢棄物的處置以及用過核燃料的處理與貯存，仍然需要進用核能專業人力。圖4為德國政府在改變核能政策之後，在核能電廠運轉、除役、用過核子燃料的中期貯存、永久處置等各方面所需進用的核能專業人力的趨勢。

而不同的領域其所需核能專業人力的培養時間也有所不同，根據德國能力資源網評估各核能專業領域的培養時間，如圖5所示。培養一位核能科技領域的高等教育人力需要10年的時間；培養一位核能科技領域的研究人力則要花上8年；培養一位核能管制單位的人力需要5年；而一般核能業界的工作人力則至少要3年。

近期的準備

增加年輕核能專業人力的計畫在一些國家已經展開或開始規劃，國際原子能總署也積極參與現有的相關計畫，並居中整合與協調，同時也廣泛蒐集相關資訊，以協助建立新的計畫或對已經執行的計畫提出建議。各國已經進行的相關計畫將如下所述：

歐洲核子工程網

目前在歐洲已經展開利用網路學院進行核能高等教育與訓練的計畫，並且整合了數個國家級的單位，包含比利時核能高等教育網、英國電力協會（BEA）與英國核能工業論壇（BNIF）所組成的能源技術小組，以及德國能力資源網所組成。這個泛歐的歐洲核子工程網（ENEN）在2002年的1月開始運作，其目標係建立核子保防的知識並保存高等核子工程的教育能量。ENEN將會審查歐洲核能領域的教育能力、科學設備與研究設施，並且推動大學與研究中心的合作以使相關的資源得到更好的利用。

加拿大

2002年8月，加拿大的大學與工業界產學合作，以為加拿大提供高等核能專業能力為目標而成立了核子工程卓越大學網（UNENE），UNENE係以課程為基礎提供核子工程的碩士

陳福龍

學位，而UNENE的大學成員負責訓練核能人力，業界則提供畢業生工作機會。而該計畫也在以提供理學碩士或博士學位為基礎的條件上，為大學提供穩定的研究人力。

每個UNENE的候選人可以選擇大學或業界所提供的獎學金，在畢業後進入該獎學金提供的單位服務。全職學生在學期間若獲得業界所提供的獎學金，在畢業後該名學生必須進入業界服務，而業界也必須提供該名學生工作機會。UNENE的大學成員需提供相關的課程與訓練，學生畢業時必須要完成工學碩士的相關學程。

該單位目前獲得的基金為1,200萬美元，預定在2002至2007年間要達到2,500萬美元的水平，其來源主要是來自業界的挹注與政府相關計畫的支持。在2003年，本計畫已經甄選首批學生加入本計畫相關的學程。

德國

2000年德國政府組織了德國能力資源網，該組織的目標係在德國改變核能政策後，確保相關核能單位提供核能專業人力的能力。該組織由大學及研究中心組成，例如卡斯魯（Karlsruhe）研究中心及鄰近的大學等。本組織的首要目標即以德國改變核能政策為條件，評估並確保國家的電力公司、管制單位、研發領域與相關單位具有足夠的核能專業人力投入。

俄羅斯與獨立國協

2003年5月，俄羅斯原子能部召開了一個以維持與保存核能知識為題的重要會議，該會議提出強烈的建議指出研究機構、核能業界以及大學必須建立適當的核能人力，以協助並提供獨立國協足夠的核能專業人力，以維持相關的核子保防與安全作業的能力。而俄羅斯管理、經濟與資訊中央研究院將負責規劃未來核能知識保存的相關規定。

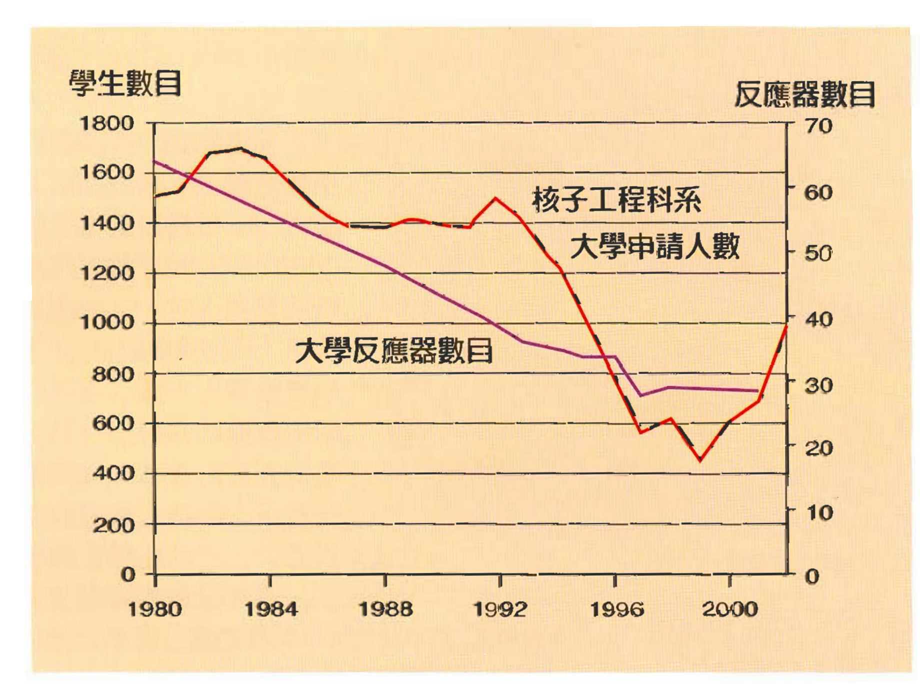


圖1 美國高等教育核子工程申請人數與反應器數目的趨勢

來源：能源部核能辦公室（DOE Office of Nuclear Energy）

美國

1997年美國總統科技顧問委員會（PCAST）指出美國大學核子工程學程的



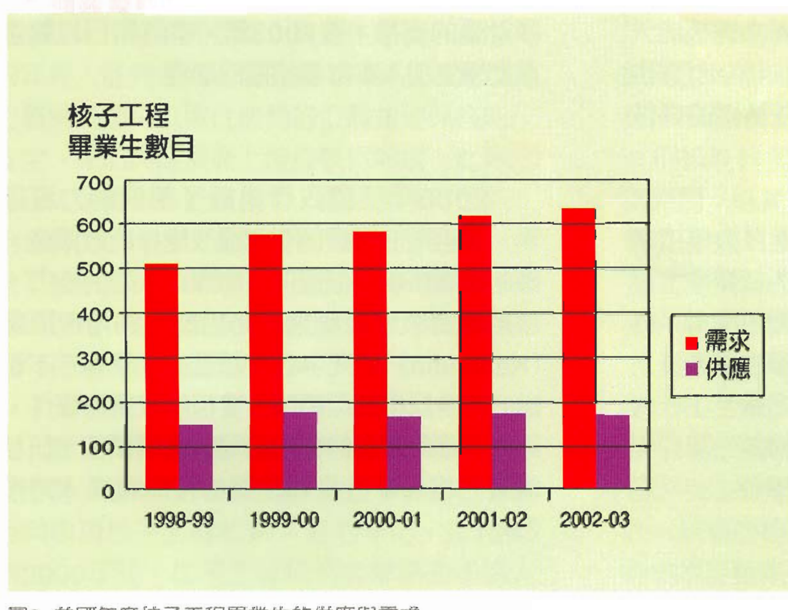


圖2 美國年度核子工程畢業生的供應與需求

來源：能源部核能辦公室

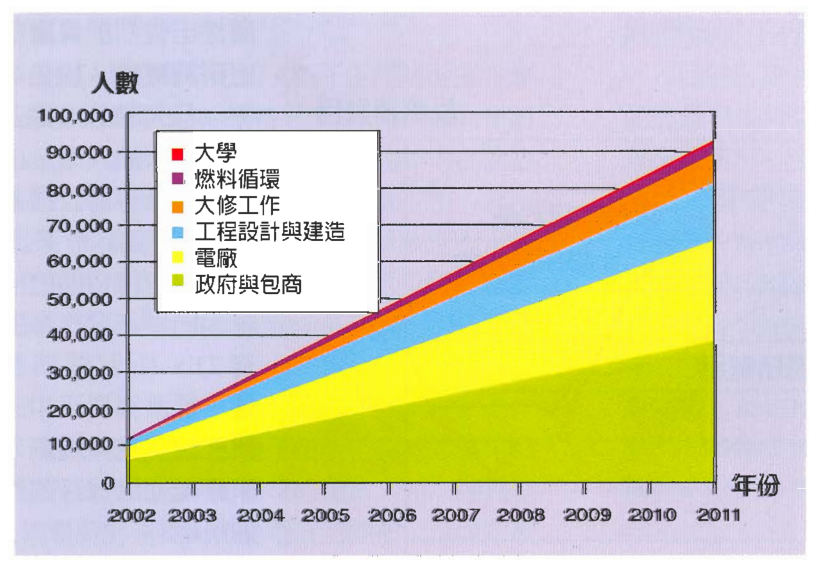


圖3 美國核能界各領域新進工作人員的需求趨勢

申請人數可能不足的隱憂，PCAST在1998年協助創設了核能研究顧問委員會（NERAC），該單位的重點目標即協助創設核子工程教育研究學程（NEER）以激勵大學研究。NERAC目前正在鼓勵美國能源部支持大學研究用反應器以停止持續關閉研究用反應器的趨勢，該計畫稱為「創新核能設施與教育」(INIE)。NERAC建議每年應贊助該計畫應逾1,500萬美元，同時NERAC也建議每年鼓勵資助學生攻讀核子工程相關學程應逾500萬美元。

2002年美國國庫資助核能研究相關活動，包含NEER與INIE等計畫共3,300萬美元，而未來美國還打算要將核能相關的研究國際化，並已經投入790萬美元。

而美國的核能業界也積極培養下一代的核能專業人才，核能協會也放眼2020年之前應培養足夠的核能專業人才，以因應美國的「核能復興時代」，而核能協會也主導了相關的研討會進行相關的討論，核能協會計畫與美國能源部和各大學建立核能科技網路，並提供獎學金給學生。而美國核能發電協會（INPO）每年也提供100萬美金的獎學金給有志加入核能界的年輕學子。

美國核能學會也有相關的活動，美國核能

學會在能源部的協助下在2002年舉辦了超過50場的說明會，針對1,000名中等教育學校的教師進行相關的說明，預期可以影響到90,000名的學生。同時印製了3萬張的海報與5萬本的宣傳小冊，並透過教育網路發放。此外，美國核能學會也提供13,000具的蓋革計數器（Geiger counters）給美國境內的高中以刺激學生的興趣。

在美國眾多單位的努力之下，2001年美國核子工程大學部的申請學生有明顯增多的趨勢，並且南卡羅來納州立大學與南卡羅來納大學也公告了新增的研究所與大學部核子工程學程，成為美國20年來首次新增的核子工程學程。

阿根廷

阿根廷國家原子能委員會（CNEA）目前主導了兩個原子能科技知識的管理計畫，第一個計畫是針對CNEA旗下所有的實驗用反應器（包含正在興建的實驗用反應器）相關知識與技術的管理，該計畫將實驗用反應器的相關技術文件化以續存相關的知識；而CNEA的第二個計畫則是保存阿圖加一號重水反應器（Atucha I）的相關技術與知識，以維持阿根廷核能知識的能力。

亞洲核能科技高等教育網

在2002年9月，國際原子能總署第46次常會討論建立地區性的核能科技高等教育網路，亞洲部分由南韓提出，並計畫建立第二大的核能科技教育網路（僅次於歐洲核子工程網，ENEN），藉由國際原子能總署的協助，2003年南韓的韓國原子能研究院將負責主導亞洲核能科技高等教育網的建立。

世界核能大學

世界核能協會（WNA）目前正在推動以網路為基礎的世界核能大學，國際原子能總署將協助世界核能協會創設世界核能大學。

核能法規

國際核能法規學校（ISNL）是由經濟合作發展組織（OECD）的核能署（NEA）所主導，歐盟與國際法律協會合作贊助，於2001年成立於法國的蒙百勒（Montpellier）大學。國際核能法規學校提供兩週關於核能法規的暑期進修課程，主要是針對博士或碩士程度的法學院學生，以及打算在核能相關領域努力的年輕法學專家提供相關的核能專業知識。該學程提供核能法規的介紹性課程，並涵蓋輻射安全、核能電廠運轉、放射性廢棄物管理、核子物料輸送、核子保安（包含核物料走私）、禁止核武器擴散與核子賠償等方面。

國際原子能總署也對國際核能法規學校提供協助，總署由其法律事務辦公室派遣核子保防、禁制核武器繁衍與核能安全的講師到校上課，並提供獎學金給開發中國家的候選人。在國際核能法規學校2002年8月的學季當中，一共招收57位學生，其中14位由國際原子能總署資助。

傳承核能知識與資料

目前續存核能知識與資料將由兩個方向進行，以確保核能的知識與資料得以續存。第一項潛在性的危機是因為許多核能專業人員的退休造成相關專業技能的消失，許多重要的經驗與技能因為沒有將其文件化而可能隨著人員的老化而逐漸的消失；第二項是保存重要且具有高度價值的資料或其他資訊（好比文件、科學與工程研究、研究成果與相關數據等），然而許多



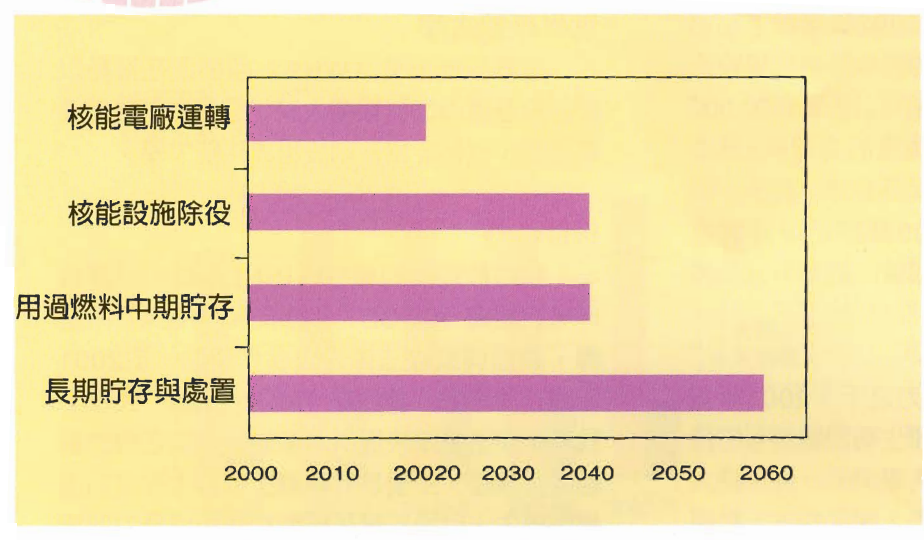


圖4 德國政府在改變核能政策後各領域所需的核能專業人力趨勢

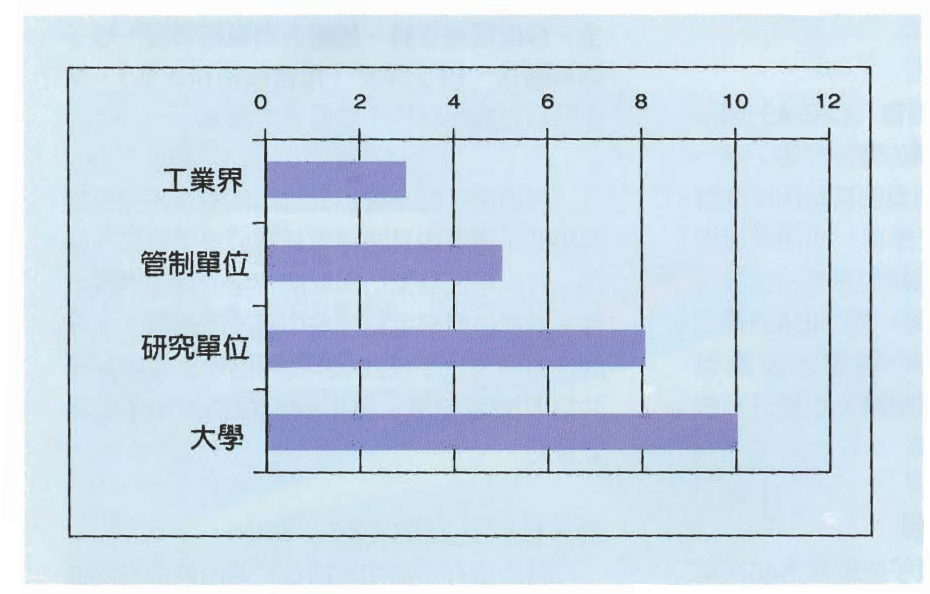


圖5 德國評估培養各領域核能專業人力所需的時間

國家並沒有重視致使相關資訊的保存率不高。

一些先導型的計畫在國際原子能總署的參與之下展開，特別是關於快中子反應器與氣冷式反應器的技術。國際原子能總署積極推行「保存快中子反應器知識」的計畫，旨在保存快中子反應器的相關數據與技術。雖然快中子反應器的充分發展從現在開始可能要歷經20年至40年才能臻於成熟，然而此計畫的目的係希望以知識構面文原點保存現有快中子反應器的相關知識，而不需要重新花費力量建立之前就已經建立的資訊；而該計畫的另一個目標係希望包含品質保證相關的數據與知識。本計畫的主體已經透過召集國際專家組成的快中子反應器小組，該小組審查並建立快中子反應器相關的資訊以為未來做準備。

在2003年，該計畫開始展開保存德國實驗用快中子反應器KNK II相關數據的計畫，雖然該反應器已經最近被除役。該反應器許多的表格與文件業已掃描成為電子格式保存下來，並且建檔紀錄在國際原子能總署的國際核能資訊系統之中。

該計畫也拓展到與品質保證相關的知識構面，包含了快中子反應器的基本設計、研究、

安全、建造、運轉與除役，然而相關資訊的交換並不是完全免費的，甚至某些資訊是要透過國與國之間的協商並且以個案處理。

至於氣冷式反應器方面，相關的知識已經累積超過半個世紀，許多的文獻好比英國的DRAGON或是德國的聯營高溫氣冷試驗反應器（AVR）里程碑文獻提供了許多高度價值的資訊，而這些資訊可以提供高溫氣冷式反應器（HTGR）的相關協助並提供未來相關科技發展的基礎。

國際合作與國際原子能總署

以上的說明指出國際原子能總署憂心並正視核能專業人力的老化與相關資料傳承的世界性問題，國際原子能總署將積極協助各會員國保存具有價值的核能數據與資訊，並且透過政府、業界與學術界來傳承核能教育與訓練，並從這兩方面來管理核能專業知識。此外，國際原子能總署也提供會員國必要的協助與相關的計畫。

目前國際原子能總署將透過6個方向來保存核能知識，如下所述：

（1）整合現存核能數據與資訊（主要是國際原子能總署與其會員國），建置容易使用的「核能知識搜尋引擎」；
（2）鼓勵會員國建立其核能教育與訓練的網路學院；
（3）發展保存核能知識的導則文件；
（4）執行核能知識保存計畫的目標；
（5）推廣一般知識給社會使其了解核能科學與技術的相關利益與重要性；
（6）建立國際性「核能科技」的高等學校。

透過上述6個方向，國際原子能總署將致力於保存核能專業知識，並透過國際合作與網路技術來達到核能知識的傳承與管理，目前國際原子能總署透過旗下的國際核能資訊系統與其圖書館系統來整合核能知識，並且與國際原子能組署的幾個重點計畫相互結合以加強並整合相關能量。在國際原子能總署的「核能發電、燃料循環與核子科學」計畫當中，該計畫將發展鼓勵教育、訓練與研究的策略，同時透過網路教育來加強該計畫中存續核能知識的力量。在「核能技術發展與環境保護」計畫，國際原子能總署將計畫保存重要資訊、支持教育與訓練，並將核能技術推行到糧食安全、核子醫學與同位素應用上，而該計畫的主要目標係幫助開發中國家有效並安全地使用核能技術，並協助發展核化學與核分析技術。在總署的「核能安全與輻射防護」計畫，將針對運轉中的核設施的安全、輻射防護、核子物料輸送、廢料安全等落實相關的教育與訓練計畫，並針對維持核能管制單位專業能力與人員提供相關的建議。此外，該計畫也將建立資料庫以保存各會員國在核能安全上的相關資料與訊息，核能安全資訊網目標將建立地區級以及全球性的網路機構，藉以保存、交換與分析核能安全知識，而「核子查證與核物料保防」計畫，除了持續性地進行全球的核子保防作業外，將針對適當資訊與知識加強其管理構面，尤其是相關的蒐集、作業與評估技術方面，將透過國際原子能總署保防資訊系統進行管理並予以傳承。最後在「管理合作發展技術」計畫，國際原子能總署將持續發展國家級網路、區域級與國際級的訓練中心，並著眼於相關核能專業領域的教育與訓練上。

（本文取材自IAEA, Nuclear Technology Review - Update 2003）



銀髮族的新人生觀

葉有財

大多數的老人，退休之後即拋棄工作意願，直接步入自我享受的晚年生活，實在是件可惜的事。造成這種現象的原因之一是，因為目前的社會制度與行政體系，均疏忽這群身經各種歷練、經驗豐富、人生智慧又最為充實的銀髮族，而視為是多餘的人生，未能加以重視並善加運用，的確可惜。

日本資深的輻射防護專家，辻本忠教授提倡「人生四大生活期」的理念。認為人的一生可分為4個時期，那就是學習期、活動期、熟成期及自我期。

「學習期」是指為了因應「活動期」的需要，而必經的準備期，也就是接受教養的時期（自出生至成年）。

「活動期」是每個人在社會組織當中，分擔一部分工作，猶如機械中的零組件似的各司其職。一方面養育子女，一方面在組織中磨練自己，並且培養立足於社會的資本，並造福人群，故備受重視。

至於「熟成（ageing）期」是指退休以後至大約75歲前後，以活動期培養的經驗與判斷力作為基礎，繼續充實各種能力，加以融會貫通而付出貢獻，不受組織的約束，自由發揮回饋社會的時期。因此，辻本教授將此名為「金齡期（golden age）」。重點是可為學習期的年青人，重供心智上的教育與技術經驗的傳承。並對於社會不正的現象，給予必要的輔導，例如從事慈善義工等社會活動。如此重要的熟成期應該加以重視並發展應用下去。

現在的社會是由活動期的人們，運用尖端科技經年累月創造出來的，不過仍有許多不被了解的內容，或者不易熟習的事物，不得已常被當做黑箱（Black box）來使用。這些黑箱容易帶給一般民衆或多或少的不安，例如核能與放射線等。

這種不安的事情，在活動期的科學進步愈快，產生的不安愈多。因此，針對這些不安情事，必須有人能夠提供協助，解決疑難問題的諮詢機會。足以勝任這種工作的，則非進入熟成期的人莫屬。

人生最後階段的「自我期」，其理想是純粹為自己生活，自由自在安享晚年，隨心所欲、為所欲為。其前提為須尊重別人，不做違背世人常規之事。這段時期大約從75歲以後至壽終為止。

以上的觀念，想必因人而異不可一概而論。各行各業的社會需求不同，勢必也會影響人的看法。不過在此高齡化的社會，人們也該思考比較切合實際的人生觀。

（本文作者為中華民國核能學會秘書長）



放射性廢棄物處置面面觀

■ 張振成

天下沒有白吃的午餐，原子能的使用，提供我們便利的生活，但使用後產生的放射性廢棄物也需要妥善的處置，以為後代子孫保留一片純淨之地。

放射性廢棄物是現代文明社會不可避免的產物，只要應用原子能就一定會產生，並不是放射性廢棄物中才有放射性物質。不過這些游離輻射並不可怕，其放射性強度會隨著時間而減弱，只要針對它的特性給予適當的屏障和密封隔絶，就可以將其阻擋，並不會影響一般人的正常生活。

談起輻射，很多人都會害怕，事實上，生活周遭到處充滿了輻射，誰都無法避開。台灣地區平均每人每年約接受2毫西弗劑量，受放射性廢棄物處置的輻射影響最多每年僅有0.25毫西弗，可說少之又少，對於放射性廢棄物，民衆其實不必過於驚慌。

依放射性的不同，放射性廢棄物分成高放射性廢棄物和低放射性廢棄物。高放射性廢棄物泛指用過的核子燃料，除了3%是高放射性廢棄物外，其餘96%是尚未使用的鈾，1%可經鈾轉變而成鈽，兩者均可再處理加以回收利用。

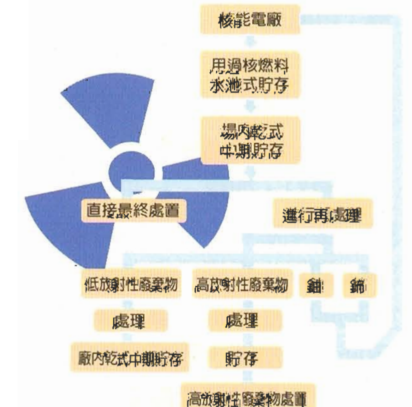
低放射性廢棄物的來源，包括醫學、農業、工業及學術研究單位使用放射性同位素過程所產生的各類廢棄物，以及核能電廠在維護、除污作業或運轉過程中所產生受放射性物質污染的廢樹脂、濃縮液、衣物、手套、工具及廢棄的零組件、設備、或是淨化水所產生的殘渣，以及核能電廠運轉壽命終了時，其各項設施拆除過程中所產生的受放射性物質污染的廢棄物件。

我國對於放射性廢棄物是否有妥善處理呢？對於高放射性的用過核子燃料，目前是貯存於各核能電廠用過核子燃料池中，其中97%雖是可經再處理予以回收的鈾與鈽，目前考量再處理費用仍太高，在策略上是先貯存於核能電廠內，以保留將來再處理的彈性，同時積極進行用過核子燃料最終處置場技術的發展。

至於低放射性廢棄物的處理，則由核能研究所採收費方式先進行接收、集中處理及貯存，再由台電公司一起運往蘭嶼貯存場暫存。所以，目前放射性廢棄物除了貯存於核能電廠那部分外，一部分也貯存於蘭嶼。蘭嶼部分，有88%來自核能電廠，10%來自國防任務，2%來自醫院和學術界，也就是說放射性廢棄物的處理人人有責。

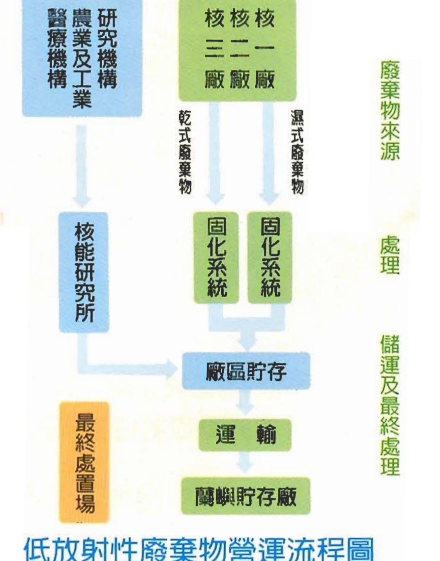
此外，貯存地點可分為境外與境內，但因境外貯存會遭遇國際和平組織的阻擾，在世界上迄今無成

我國用過核燃料管理流程圖



資源來源：原子能委員會

資源來源：原子能委員會



低放射性廢棄物營運流程圖

功案例。況且「己所不欲勿施於人」，運往境外只會喪失台灣人民的道德價值，也將損壞台灣的國際形象，加深我國外交困境。另外費用也極為昂貴，北韓每桶索價新台幣4萬元，美國更高達10萬元，也就是說單單處理蘭嶼10萬桶放射性廢棄物，就需花費40至100億元，若同時處理核能電廠內已存及日後除役時產生的廢棄物，共計約100萬桶，則所需經費高達400至1000億元。

境內處理在技術上並無問題，而且也經濟得多，估計只要花費約200億就能建置足夠容量的地洞貯存場，把所有放射性廢棄物貯存問題全部解決。只因為以往沒有好好處理放射性廢棄物，民眾對核能的恐懼心理已經造成，島內貯存必將引起民眾的激烈抗爭，使島內貯存變得不可行，現在唯一可行的是貯存於外島。環保署曾為此做嚴格的考察評估，通過符合放射性廢棄物貯存條件的數個外島，但即使如此也只能選擇無人島，以避免無謂的抗爭和內耗。

台灣除了放射性廢棄物處理外，其實更嚴重的是能源問題。台灣現有能源絕大部分仰賴外國原料，如煤、石油、天然氣等，一旦原料進口遭受意料不到的自然因素或政治干擾而中斷，則民生與經濟馬上陷入困境，因此開發可靠的能源是政府必須正視的問題。台灣有開發風能、太陽能、氫能和燃料電池等能源的能力與必要，如果政府能妥善利用放射性廢棄物境內處理所節省下來的3、4百億，設置新能源研究及展示園區，積極開發綠色能源，則對台灣民生和產業用電都有莫大幫助。

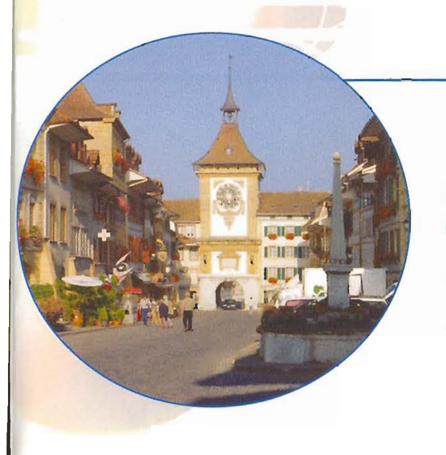
從地理條件的考量，蘭嶼有充足的陽光和海風，是個很理想的綠色能源研究及展示園區地點，園區的設置也會帶動蘭嶼的觀光事業。至於外島放射性廢棄物貯存地點，小蘭嶼東南方應可考慮，小蘭嶼現在是空軍的炸射訓練地，空軍不難找到另外的合適地點如活動靶場等。其實只要小心，放射性廢棄物的處理安全可靠，沒有輻射外洩之虞，無須擔心，也無須為此做內耗式抗爭。

世界先進國家處置低放射性廢棄物，有的是淺埋，有的深埋。淺埋的方法就是在地下幾十公尺左右，挖個坑，打好地基，再以鋼骨水泥做個堅固的「石棺」。將固化裝桶的放射性廢棄物放置後，將整個「石棺」以水泥密封，使之完全不透水，上面再加多層的碎石、土壤等屏障而恢復地貌，並保證其地表面的輻射強度與原來環境無異。如果採用深埋，只要有個廢棄的礦坑，深入地下幾百公尺，將已經固化桶裝的廢棄物送入坑底，再將坑口封死。從世界所有實驗數據與現場地質分析的結果，都可以證明這些被處置的廢棄物，由其自然的放射性衰變與化學特性，加上工程障壁的層層保障，它們絕對不可能再爬出地面，污染我們的環境。

中央研究院院長李遠哲曾在媒體公開表示：核電安全已不是問題，未來由核燃料產生的高放射性廢棄物，可望由核能發電設備輸出國回收再利用。

因為核能發電技術安全可靠，放射性廢棄物處置已沒問題，而核能發電是清潔的能源，有助於抑制二氧化碳排放，所以能源專家預期核能發電將是21世紀世界主要的能源。

（本文作者為屏東縣立萬丹國中校長）



2005年第五屆兩岸核能學術交流研討會報導

■ 陳怡如

2005年第5屆兩岸核能學術交流研討會於10月31日-11月1日假中華經濟研究院蔣碩傑國際會議廳舉行，約有120人與會。中國大陸代表團由中國核學會副理事長黃國俊先生率團共11人來台，包括中核集團的上海設計院孫漢虹院長、第二設計院范仲副院長、核動力設計院趙華院長、秦山核電公司籌備組陳衛國副組長、三門核電籌備處鄭本文主任、辦公廳李雄飛處長；廣核集團公司賀禹總經理、發展計畫部潘銀生經理；北京清華大學康克軍副校長、以及中國核學會秘書長傅滿昌先生。

開幕式邀請中華經濟研究院董事長蕭萬長先生、中華核能學會理事楊昭義先生、以及台電公司總經理陳貴明先生(張茂雄處長代理)為貴賓致詞。雙方發表論文/報告有18篇：

大陸方面：	
黃國俊先生	大陸核電發展現況及未來展望
傅滿昌先生	中國大陸核電站工程建造的成功實踐與展望
趙華先生	CNP-1000中國百萬瓩級壓水堆核電站研發現況
潘銀生先生	中國廣核集團運行業績水準的提升
鄭本文先生	自主設計、自主建造、自主管理、自主營運的秦山第二核電站
康克軍先生	輻射成像技術
孫漢虹先生	核電廠設計對核安全法規最新要求的若干考慮
范仲先生	中國大陸放射性廢物管理概況
台灣方面：	
廖識鴻先生	核能四廠設計作業簡介
李國鼎先生	風險評估-核安好幫手
丁鯤先生	核能電廠管路老化/劣化檢測與安全管制
林榮宜先生	核三廠蒸氣產生器清洗
邵耀祖先生	台灣放射性物料管理的狀況與展望
黃慶村先生	放射性廢料離子交換樹脂減容與安定化技術的建立
龔誠山先生	台灣放射性廢棄物最終處置場的選址
洪聰明先生	高溫電漿熔融技術的發展應用
施純寬先生	台灣核能教育現況
林鴻祥先生	從低放計畫溝通經驗談公共政策溝通

兩岸核能交流始於1996年，迄今已有10年。由核能科技協進會從中穿針引線，促成雙方的交流。1997年在廣東大亞灣舉行第2屆，1999年在台灣龍潭舉行第3屆，2001年在浙江秦山舉行第4屆，今年在台北舉行第5屆。會後參訪核四廠工地、輻射偵測中心、核三廠、新竹清華大學。

台灣目前有6部核能機組在運轉中，總裝置容量5144百萬瓦電，另外核四廠2部1350百萬瓦的ABWR在施工中，台灣核能電廠現況一覽表如下：



廠　別		機組型	功率	開工日期	商轉
核一廠	1號機	BWR-4	636百萬瓦	1972/2/1	1978/12/10
	2號機		636百萬瓦	1973/8/13	1979/7/15
核二廠	1號機	BWR-6	985百萬瓦	1975/8/1	1981/12/28
	2號機		985百萬瓦	1975/10/22	1983/3/16
核三廠	1號機	PWR	951百萬瓦	1978/5/21	1984/7/27
	2號機		951百萬瓦	1978/11/21	1985/5/18
核四廠	1號機	ABWR	1350百萬瓦	1998/12/1	
	2號機		1350百萬瓦	1999/7/21	

註：BWR：沸水式反應器，PWR：壓水式反應器，ABWR：進步型沸水式反應器

大陸核能電廠現況一覽表如下：

廠　別		機組型	功率	開工日期	商轉
秦山一期		PWR	310百萬瓦	1985/3/21	1994/4/1
秦山二期	1號機	PWR	650百萬瓦	1996/6/2	2002/4/15
	2號機		650百萬瓦	1997/4/1	2004/5/3
秦山三期	1號機	CANDU	720百萬瓦	1998/6/8	2002/12/31
	2號機		720百萬瓦	1998/9/25	2003/7/24
田灣	1號機	VVER	1060百萬瓦	1999/10/20	計畫 2004/12
	2號機		1060百萬瓦	2000/9/20	計畫 2005/12
大亞灣	1號機	PWR	984百萬瓦	1987/8/7	1994/2/1
	2號機		984百萬瓦	1998/4/7	1994/5/6
嶺澳	1號機	PWR	990百萬瓦	1997/5/15	2002/5/28
	2號機		990百萬瓦	1997/11/28	2003/1/8
合計9118百萬瓦					

★★中核集團有秦山、田灣2個廠址，浙江三門和秦山隔著錢塘江，以後會有跨海大橋相通。

★★廣核集團有大亞灣、嶺澳、陽江3個廠址，均在廣東省，以後朝向福建省及遼寧省發展。

註：CANDU：加拿大重水鈾反應器，VVER：前蘇聯壓水式反應器

2004年底，大陸電力裝置容量385百萬瓩，核電占1.6%，火電占74%，水電24%；就發電量而言，核電占2.3%。依照目前的經濟成長率預估，到2020年電力裝置容量將達900百萬瓩，若核電占4%，需再增建30多部百萬瓩機組。預定的廠址有秦山、田灣、三門、陽江、福建惠安、山東海陽、遼寧大連。目前分屬中核集團的三門電廠與廣核集團的陽江電廠正在聯合招標，由於大陸係以壓水式反應器為主的政策，已將日本正在積極推廣的ABWR排除在外。

大陸積極推動自主設計，目標為形成CNP300、CNP600、CNP1000、CNP1500系列品牌。秦山一期310百萬瓦及秦山二期650百萬瓦的壓水式反應器就是大陸國產貨，大陸出口巴基斯坦的恰希瑪300百萬瓦核電站已於2000年6月商轉，容量因數90%以上，二期工程正施工中。大陸

中國大陸預備建設的有下列8個機組：

廠　別	功率	開工日期	商轉
秦山二期	650百萬瓦x2	2006/3	2010
岭澳二期	990百萬瓦x2	2005/12/8	
三門	百萬瓩x2	計畫中	
陽江	百萬瓩x2	計畫中	

CNP1000的廠址在浙江海鹽縣方家山，預計2007年12月澆置混凝土，2013年1月發電；造價為US$1500/KW，比CNP600的造價為US$1330/KW略高。中核集團自主研發建設的核電站，其設計單位有：

- 中國核動力研究設計院（趙華院長)-負責核島（NI)、核能蒸汽供應系統（NSSS)設計
- 上海核工程研究設計院（孫漢虹院長)-負責電廠總體設計
- 第二研究設計院（范仲副院長)-參與前期電廠總體設計
- 華東電力研究設計院-常規島設計

秦山二期的建設總工期為72個月；CNP1000的單台建設工期為62個月。

此外大陸中國原子能科學研究院正在建造65百萬瓦熱的快滋生反應器（FBR），並參加國際熱核聚變試驗堆（ITER）計畫；在核燃料循環方面，大陸也將從事技術升級，不過本次研討會沒有更深入談到這方面的作法如何。〔註：核聚變（nuclear fusion）又稱為核熔合。〕

廣核集團於1994年成立，註冊資本額102億人民幣，2005年9月總資產578億人民幣；淨資產1994年為32.4億，目前231.8億，11年增加7倍，年成長率20%以上，營運狀況良好。並規劃在廣東台山、陸豐，福建省寧德，遼寧省紅沿河興建核電站。廣核集團在電廠營運管理模式有一項創新，即成立專業化的核電運營管理公司-大亞灣核電運營管理有限責任公司(簡稱DNMC)，這個主意是由1996年大亞灣和岭澳核電站簽訂「互相支持協議」、2001年簽署「群堆管理委託協議」演變來的。

台灣目前的核能發展遭遇瓶頸，而海峽對岸卻正蓬勃發展，作為核能從業人員，亦頗為欣慰。大陸在2020年有40部核能機組，才占裝置容量4%，大陸若為降低二氧化碳排放，勢必繼續興建核能電廠，也必須建立自已的核燃料循環及放射性廢棄物處理工業。

（本文作者為台電公司核能技術處課長）





日本東京電力展示館感動之旅

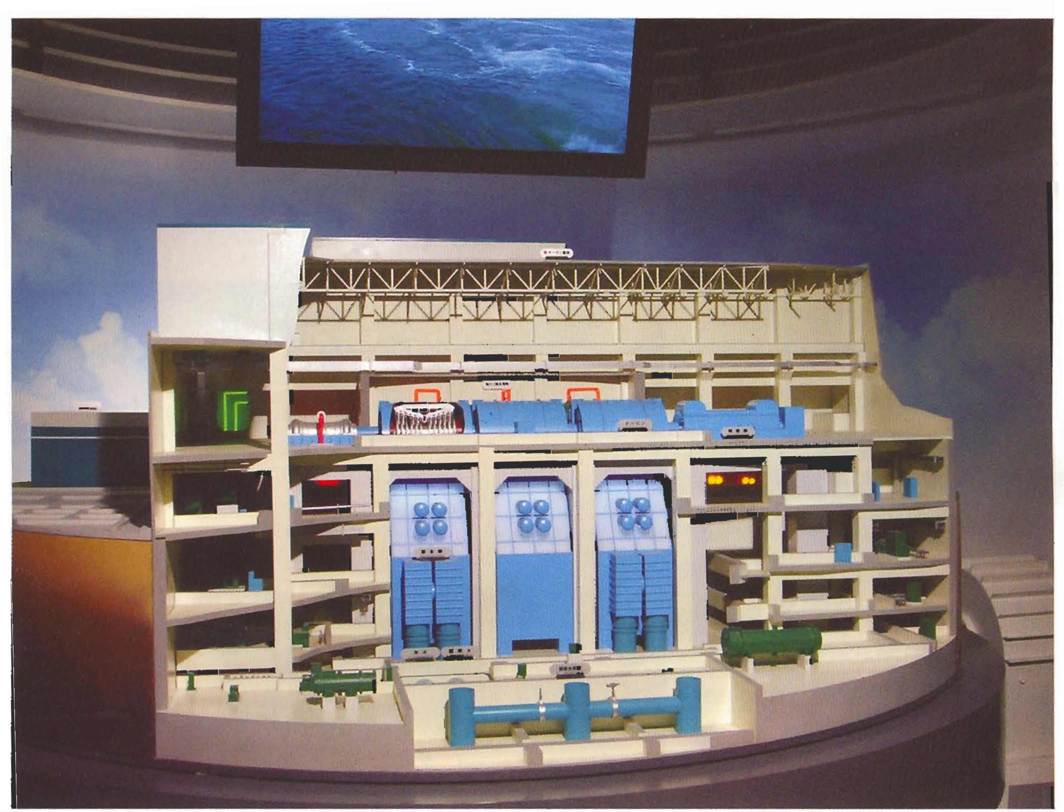
編輯室

日本是全世界唯一被2顆原子彈攻擊過的國家，現在卻成為核能工業大國。至2004年3月為止，日本共有16座核能電廠，52座機組，尚有3座機組正在施工建造中，核能發電占全國總發電量約1/3。究竟是什麼樣的神奇力量，能讓日本全國上下擺脫核爆的恐怖夢魘，進而支持核能發電？

就在廣島原爆60週年之際，我們來到東京電力公司的電力展示館，才感受到日本核能相關產業是如何用心地與民眾溝通，而獲致現有的發展成果。

還沒到東京電力展示館，遠遠的就看見一個閃爍著金屬光芒的圓球體，聳立在眼前，造型獨特又前衛，第一眼就對它產生了濃厚的好奇心。走近大門，整顆心就被溫馨可愛的布置拉攏住了。因為接近聖誕節，展示館裡裡外外呼應著節慶的氛圍，暖化了電力資訊的冰冷，也拉近與參觀民眾的距離。

以下依樓層分別說明東京電力展示館的特



核能電廠剖面模型



民衆可在此看到核能電廠目前的輻射劑量

色：

1-2樓--電力廣場

是主要的接待大廳，採挑高設計，設有咖啡店、資訊中心、展售區。最引人注目的是，展售區布置成一個家的感覺，有極具現代感的廚房和溫馨精緻的餐廳，展示的家電、物品都標有價錢，參觀民衆可以在此購買。

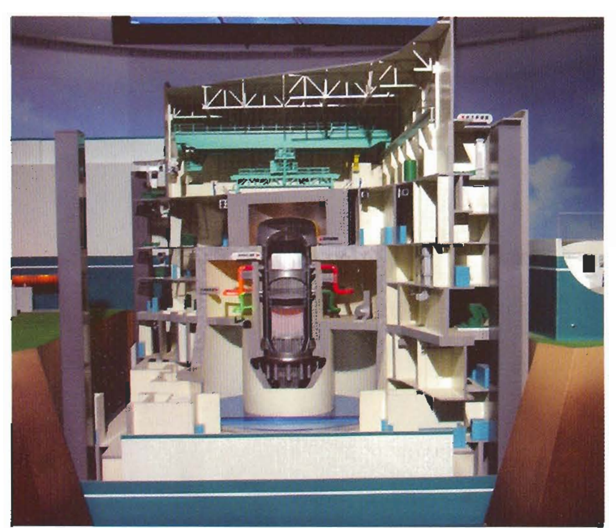
3樓-電力育與樂

由於正值裝修中，無法進入參觀。根據簡介中的說明，本樓層有「電力森林」、「探險之旅」、「智力大考驗」、「多媒體洞穴」...等有趣又活潑的設施，實在令人充滿期待，希望下次再訪時，能看到這些充滿趣味性的設計。

4樓-電力與家庭生活，附設烹飪教室

這裡分區布置成起居室、廚房、浴室等居家環境，當中搭配展示各式各樣的省電家電，並提供相關產品資訊，建議參觀民衆在自己家裡使用這類的省電家電，不但省了自己的荷包，也減輕電力公司尖峰供電的壓力，進而積極達到環保的目標。這種感性又直接的訴求方式，深深打動參觀民衆的心，民衆可以非常具體的感受到節約能源是每個人都可以從每個小地方做起。

這一樓層最令人印象深刻的是，設置了一間烹飪教室。館方安排各類料理專家來此，教導民衆如何做出節省能源又美味可口的好菜。參觀當時，正好是烹飪課時間，只見十幾位婦女圍著一座造型


旋轉式的模型，讓民衆看得更清楚





運用許多人形設計，非常明確地表達出核能電廠的安全性



放射性廢棄物深層地質處置模型

精緻、設備先進的流理台，正聚精會神的看著老師的示範。讓人不禁為館方的創意與用心鼓掌。

另外，還設置有專為民衆解答疑問的「電力相談室」，真的設有專人在此等候民衆隨時進入提問，而不是一般常見的只有空蕩蕩的桌椅，人卻不知去向的敷衍行事。

5樓-電力與城市

主要介紹在城市中如何節省用電以及更有效使用能源，以及再生能源的運用與相關的電力科學實驗。將電力教育融入生動有趣的模型、實驗中，教導民衆尤其是學生相關的電力知識。

6樓-核能發電

本樓層專門針對核能發電的原理、應用、安全防護與放射性廢棄物的處理，以深入淺出的具體方法，表達出核能的必要性。例如以旋轉式的剖面模型，表現出核能電廠內部的相關配置；以縮小型的燃料棒，讓民衆瞭解反應器內部的構造與運作；以立體流程圖說明核子燃料如何製造與使用，以及燃料再循環的優點。

此外，以人類生活周遭的天然背景輻射為例，傳達出核能電廠的輻射其實比來自宇宙、土壤、空氣、食物中的輻射劑量還低。一切都以民衆切身相關的感受為出發點，運用豐富的想像力與高科技產品結合，民衆即可藉此輕易理解核能的相關資訊，瞭解輻射的特性，不再



人氣旺盛的東京電力展示館，深得民眾的喜愛



有專人解答疑惑的「電力相談室」

諱莫高深，而產生不必要的恐懼。

7樓-發電與供電

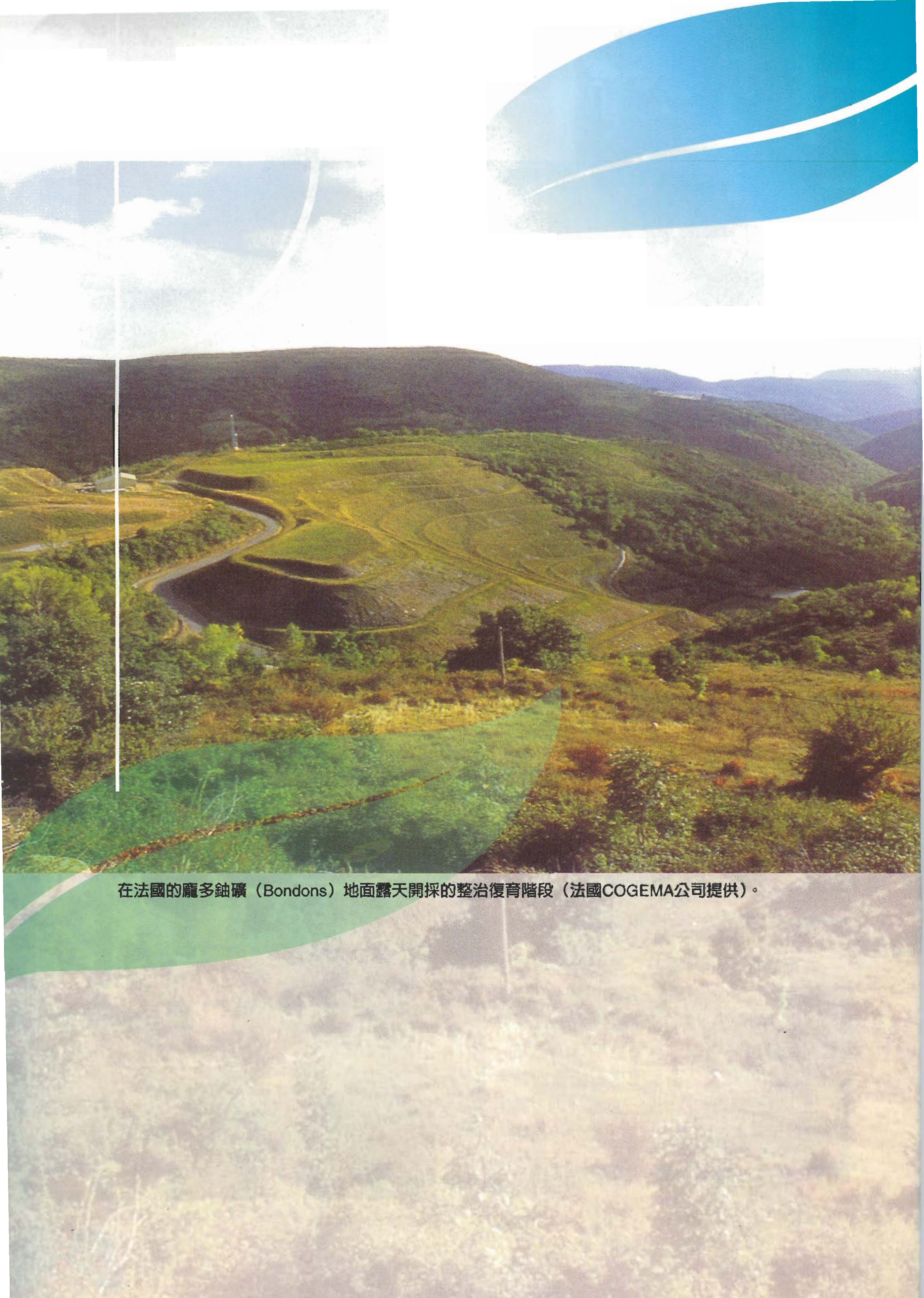
此區展現出東京電力公司火力發電與水力發電的型態、發電網路、電力供應系統、能源與環境的關係等。其中最醒目的是一座超大型影像地球儀，可以一一看到地球的石油、煤、天然氣貯藏量，顯示出化石能源即將用罄。也可以滑鼠方式找出自己的居住地，看出該地區的用電程度與進步程度，令民眾有切身的感受。

8樓-則是建築物頂端的球型圓拱大廳與行政辦公區

這趟參觀之旅處處都有驚喜，每個細節都能體會到日本人特有的細膩與貼心。隨處可見穿著制服的學生在館內玩科學實驗、查閱參考書籍、埋頭書寫筆記的身影。東京電力公司成功地將電力教育向下紮根，將正確用電觀念傳達給一般民眾，因此不理性的抗爭行為便越來越少。唯有真正做到資訊透明化、公開化、甚至趣味化、切身化，才能達到公眾溝通的最大效果，非常值得台灣的電力事業單位深思與效法。



烹飪教室上課的情景



在法國的龐多鈾礦（Bondons）地面露天開採的整治復育階段（法國COGEMA公司提供）。